



日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日
Date of Application: 2001年 4月11日

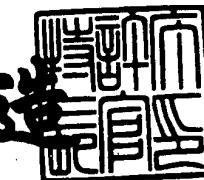
出願番号
Application Number: 特願2001-112745

出願人
Applicant(s): 株式会社ニコン
株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3070899

【書類名】 特許願
【整理番号】 010530
【提出日】 平成13年 4月11日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G01N
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 菊原マイスター株式
会社内
【氏名】 中筋 譲
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社菊原製作所
内
【氏名】 野路 伸治
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社菊原製作所
内
【氏名】 佐竹 徹
【特許出願人】
【識別番号】 000004112
【氏名又は名称】 株式会社ニコン
【特許出願人】
【識別番号】 000000239
【氏名又は名称】 株式会社菊原製作所
【代理人】
【識別番号】 100089705
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 新大手町ビル2
06区 ユアサハラ法律特許事務所
【弁理士】
【氏名又は名称】 杜本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

特2001-112745

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及び該装置を用いたデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の電子線を、コンデンサレンズを含むレンズ系で集束し、対物レンズで試料上に結像する電子線装置において、上記対物レンズの前段のレンズが作る上記電子線のクロスオーバ位置を、同対物レンズの上記レンズ系側近傍位置にしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項2】 請求項1に記載の電子線装置において、上記複数の電子線は、単一の電子銃から放射されて複数の開口を通過して形成された複数の電子線、又は、複数の電子銃から放出された複数の電子線、若しくは、単一の電子銃に形成された複数のエミッターから放出された複数の電子線であることを特徴とする電子線装置。

【請求項3】 請求項1若しくは2に記載の電子線装置において、上記クロスオーバ位置は、対物レンズの主面より上記レンズ系側であることを特徴とする電子線装置。

【請求項4】 請求項1乃至4のいずれかに記載の電子線装置を用いて、製造プロセス途中のウェーハの評価を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は最小線幅0.1μm以下のパターンが形成されたウェーハ等の評価を高スループット・高信頼性で行う装置に関し、また、そのような装置を用いて歩留り良くデバイスを製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

電子光学系での倍率色収差と回転色収差を補正する方法は、対称磁気ダブレットレンズを用いる方法が知られている。静電レンズ系では回転色収差は発生しないので、倍率色収差を対称ダブレットレンズを用いて補正することが行われる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

対称ダブルレットレンズでは、例えば縮小レンズ系を作る場合、2段のレンズを必要とし、それぞれのレンズの寸法比を縮小比と同じ比率にする必要がある。例えば1/10縮小の系を作るとすると、小さい側のレンズは加工精度等で決る寸法より小さくできないので、例えばボーア径が5mmφ、レンズギャップが5mm程度とすると、大きい側のレンズはボーア径が50mmφ、レンズギャップも50mmとなり、かなり大寸法のレンズを作らざるを得ず、また、実際の装置で倍率を変化させようとすると、対称ダブルレット条件が狂ってしまう等の問題があった。

【0004】

本発明は上記の如き問題に鑑み、2段以上のレンズ系で倍率が調整可能で、単レンズで倍率色収差を補正可能な電子光学系を得ることを目的とする。

また、デバイス製造における歩留りを低下させる原因を、上記の装置を用いて早期に発見するためのウェーハ評価を行う方法を提供することも目的とする。

【0005】

【問題を解決するための手段】

すなわち、本発明は、複数の電子線を、コンデンサレンズを含むレンズ系で集束し、対物レンズで試料上に結像する電子線装置であって、上記対物レンズの前段のレンズが作る上記電子線のクロスオーバ位置を、同対物レンズの上記レンズ系側近傍位置にしたことを特徴とする電子線装置を提供する。具体的には、上記クロスオーバ位置は、対物レンズの正面より上記レンズ系側とする。

【0006】

クロスオーバ位置を上記の如くすることにより、試料上で結像される電子線に生じる収差、特に色収差を低減することができる。

上記複数の電子線は、单一の電子銃から放射されて複数の開口を通過して形成された複数の電子線、複数の電子銃から放出された複数の電子線、若しくは、单一の電子銃に形成された複数のエミッターから放出された複数の電子線とすることができる。

【0007】

本発明はまた、上記の如き電子線装置を用いて、製造プロセス途中のウェーハの評価を行うことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

【0008】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明に係る電子線装置の一つの実施の形態を概略的に示す図で、同図において、電子銃1から放出された電子線は、コンデンサレンズ2によって集束されて点4においてクロスオーバを形成する。

【0009】

コンデンサレンズ2の下方には、複数の開口を有する第1のマルチ開口板3が配置され、これによって複数の一次電子線が形成される。第1のマルチ開口板3によって形成された一次電子線のそれぞれは、縮小レンズ5によって縮小されて点15で合焦され後、更に、対物レンズ7によって試料8に合焦される。第1のマルチ開口板3から出た複数の一次電子線は、縮小レンズ5と対物レンズ7との間に配置された偏向器により、試料8の面上の異なる位置を同時に走査するよう偏向される。

【0010】

縮小レンズ5及び対物レンズ7の像面湾曲収差の影響を無くすため、図2に示すように、マルチ開口板3は、その複数のが、当該マルチ開口板3上の同一円周上に配置され、その中心を通るX軸へ投影したものは等間隔となるようにされている。

【0011】

複数の一次電子線によって照射された試料8上の複数の点からは、それぞれ二次電子線が放出され、対物レンズ7の電界に引かれて細く集束され、E×B分離器6で偏向され、二次光学系に投入される。二次電子像は点15より対物レンズ7に近い点16に焦点を結ぶ。これは、各一次電子線は試料面上で500eVにエネルギーを持っているのに対して、二次電子線は数eVのエネルギーしか持っていないためである。

【0012】

二次光学系は拡大レンズ9、10を有しており、これらの拡大レンズ9、10

を通過した二次電子線は第2マルチ開口板11の複数の開口を通って複数の検出器12に結像する。なお、検出器12の前に配置された第2のマルチ開口板11の複数の開口と、第1のマルチ開口板3の複数の開口とは位置関係が一対一に対応している。

【0013】

それぞれの検出器12は、検出した二次電子線を、その強度を表す電気信号へ変換する。こうした各検出器から出力された電気信号は増幅器13によってそれぞれ増幅された後、画像処理部14によって受信され、画像データへ変換される。画像処理部14には、一次電子線を偏向させるための走査信号が更に供給されるので、画像処理部14は試料8の面を表す画像を表示する。この画像を標準パターンと比較することにより、試料8の欠陥を検出することができ、また、レジストレーションにより試料8の被測定パターンを一次光学系の光軸の近くへ移動させ、ラインスキャンすることによって線幅評価信号を取り出し、これを適宜に校正することにより、試料8上のパターンの線幅を測定することができる。

【0014】

ここで、第1のマルチ開口板3の開口を通過した一次電子線を試料8の面上に合焦させ、試料8から放出された二次電子線を検出器12に結像させる際、一次光学系で生じる歪み、像面湾曲及び視野非点という3つの収差による影響を最小にするよう特に配慮する必要がある。

【0015】

次に、複数の一次電子線の間隔と二次光学系との関係については、一次電子線の間隔を、二次光学系の収差よりも大きい距離だけ離せば複数のビーム間のクロストロークを無くすことができる。

【0016】

上記光学系では、単一の電子銃からの電子線をマルチ開口を通すことによってマルチビームとした場合について述べたが、電子銃を複数設けたり、電子銃は1個であるがカソードのエミッション領域を複数個とすることもできる。

【0017】

図3は図1の対物レンズ7に関するシミュレーションモデルである。21は光

軸、22は対物レンズ7の上部電極で0V、23は高電圧が印加される対物レンズの中央電極、24はアース電圧とされる対物レンズの下部電極であり、試料面25は-4,000Vとした。26、27、28は、電極を保持する絶縁物スペーサを示す。縮小レンズ5が作るクロスオーバーの位置を種々変化させるとともに、対物レンズの中央電極を変化させて、Z=0mmにあるマルチビームの像を試料面25に合焦させ、そのときに生じる収差を計算した。

【0018】

図4は、上記シミュレーションの結果を示す。すなわち、変化させたクロスオーバー位置 (mm) を横軸とし、それに対応して生じた収差の値を縦軸に示した。このときの中央電極23の上面は、Z=144mmとした(図3)。

【0019】

図4でマルチビームのr位置は50μm、開口半角は5mradとした。31、32、33、34、35、36、37はそれぞれ、コマ収差、倍率色収差、非点収差、軸上色収差、像面湾曲、歪、及び、ボケである。マルチビームが光軸を中心とする円周上にある場合は、像面湾曲35は0であるからボケ37は、実質的に倍率色収差32と軸上色収差34で決る。ここで電子銃のエネルギー幅は5eVとした。クロスオーバー位置を140mmとした時、倍率色収差32はほぼ問題ない値に小さくなっている。すなわち、このシミュレーションによれば、前段レンズが作るクロスオーバー位置を、対物レンズ中央電極位置(144mm)よりも電子銃側に形成する様にすれば良いことがわかる。

【0020】

図5及び図6は、上記した電子線装置を用いて、半導体デバイス製造工程におけるウェーハの評価を行う実施形態を示す。

デバイス製造工程の一例を図5のフローチャートに従って説明する。

【0021】

この製造工程例は以下の各主工程を含む。

- ① ウエーハを製造するウエーハ製造工程(又はウエーハを準備する準備工程)
(ステップ100)
- ② 露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程(又はマスクを準備するマ

スク準備工程) (ステップ101)

③ ウエーハに必要な加工処理を行うウエーハプロセッシング工程 (ステップ102)

④ ウエーハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程 (ステップ103)

⑤ 組み立てられたチップを検査するチップ検査工程 (ステップ104)

なお、各々の工程は、更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0022】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウエーハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウエーハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウエーハプロセッシング工程は以下の各工程を含む。

① 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程 (CVDやスパッタリング等を用いる)

② 形成された薄膜層やウエーハを酸化する酸化工程

③ 薄膜層やウエーハ等を選択的に加工するためにマスク (レチクル) を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程

④ レジストパターンに従って薄膜層やウエーハを加工するエッチング工程 (例えばドライエッチング技術を用いる)

⑤ イオン・不純物注入拡散工程

⑥ レジスト剥離工程

⑦ 加工されたウエーハを検査する検査工程

なお、ウエーハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0023】

上記ウエーハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を図6のフローチャートに示す。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

① 前段の工程で回路パターンが形成されたウエーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程 (ステップ200)

- ② レジストを露光する露光工程（ステップ201）
- ③ 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程（ステップ202）
- ④ 現像されたパターンを安定化させるためのアニール工程（ステップ203）

以上の半導体デバイス製造工程、ウエーハプロセッシング工程、リソグラフィー工程には周知の工程が適用される。

【0024】

上記⑦のウエーハ検査工程において、本発明の上記各実施形態に係る電子線装置を用いた場合、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループットよく検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留向上、欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【0025】

【発明の効果】

1. マルチビームを使うことにより電子線によるウエーハ等の評価を高スループット化できる。
2. マルチビームを配置する半径を大きくした時に問題となる倍率の色収差を問題ないレベル迄小さくする事ができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の電子線装置の概略光学系図である。

【図2】

図1の電子線装置で用いられる開口板の平面図である。

【図3】

本発明の電子線装置の対物レンズのシュミレーションを示す。

【図4】

図4のシュミレーションでの結果を示す図である。

【図5】図1の電子光学系を有する電子線装置を用いて製造プロセス途中の半導体デバイスの欠陥検査等が行われる半導体デバイス製造工程を示す図である。

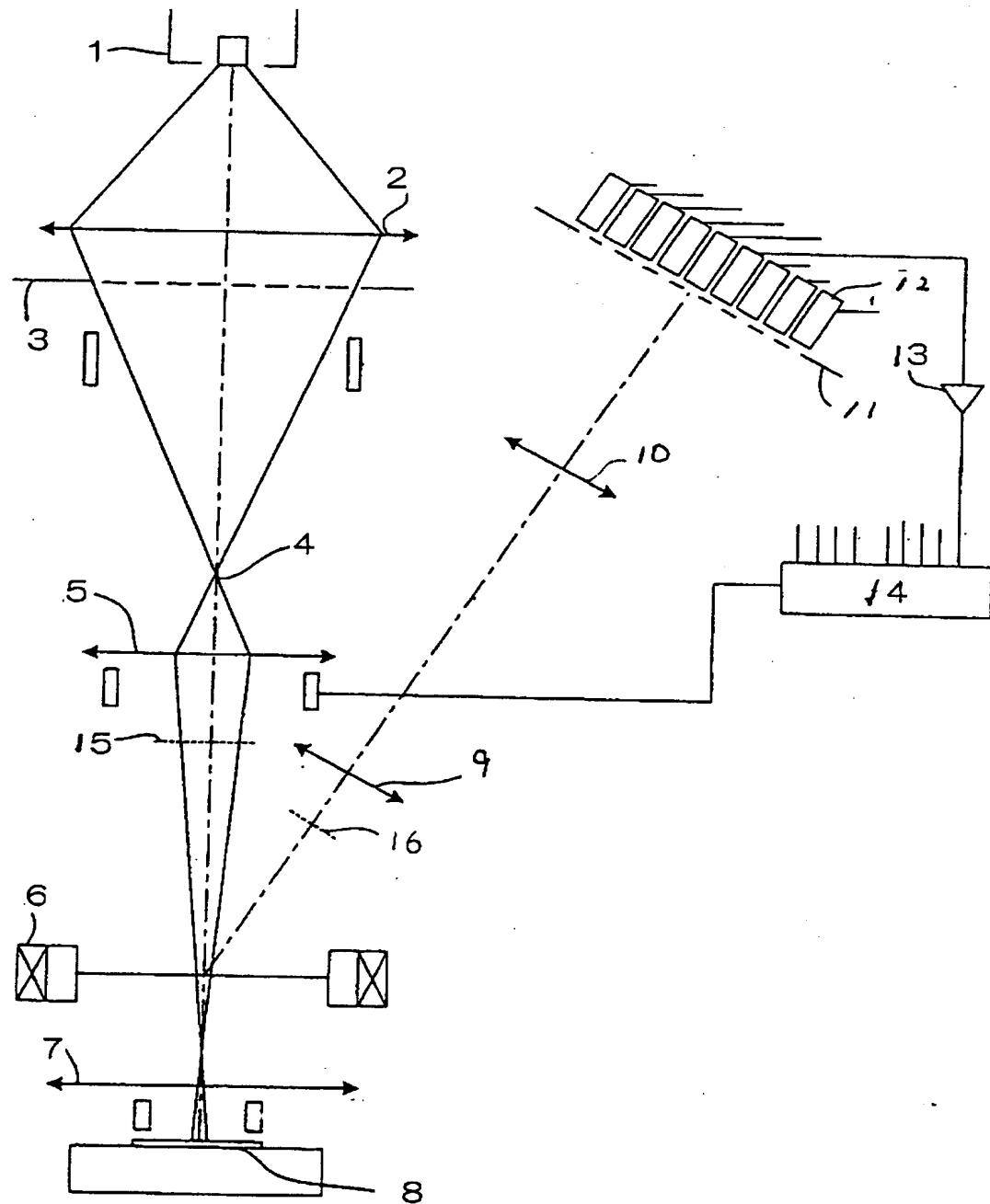
【図6】図5の製造工程において用いられるリソグラフィ工程を示す図である。

【符号の説明】

- 1 電子銃 1
- 2 コンデンサレンズ
- 3 第1のマルチ開口板
- 5 縮小レンズ
- 7 対物レンズ
- 8 試料
- 3' 開口
- 9、10 拡大レンズ
- 12 検出器
- 14 画像処理部
- 21 光軸
- 22 対物レンズ7の上部電極
- 23 対物レンズの中央電極
- 24 対物レンズの下部電極
- 25 試料
- 26、27、28 絶縁物スペーサ

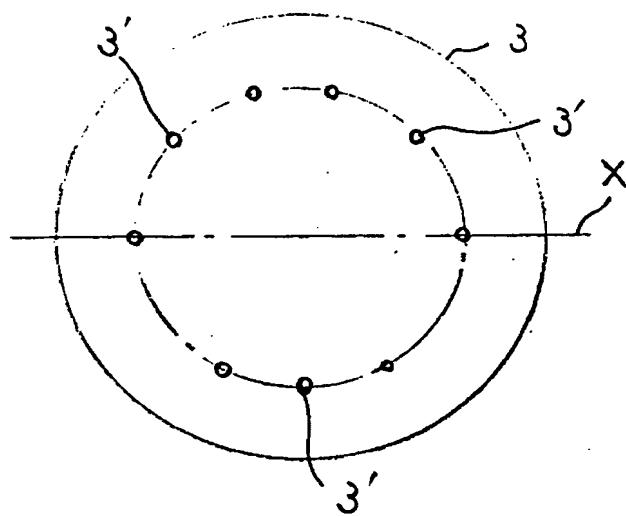
【書類名】 図面

【図1】

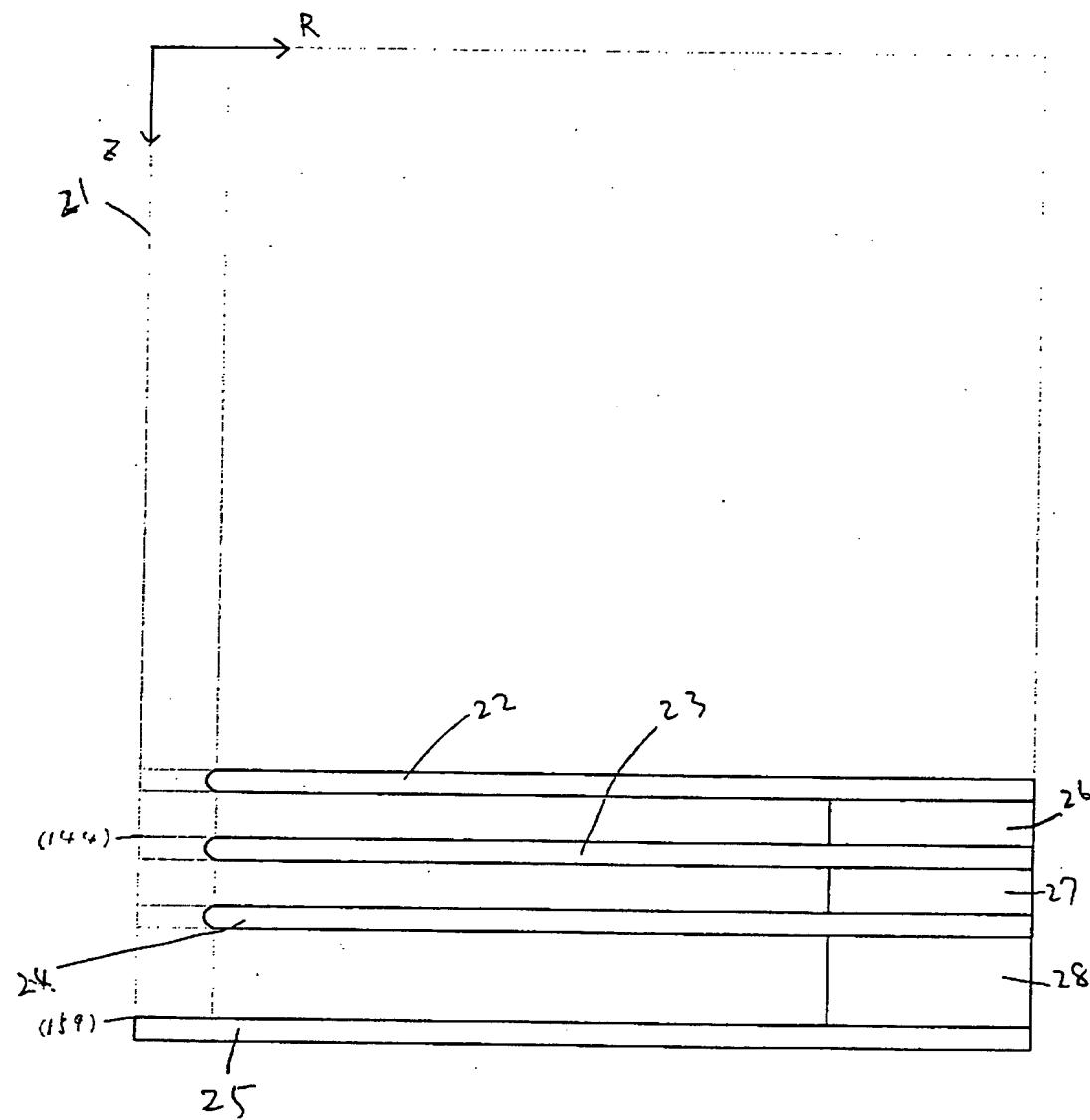


特2001-112745

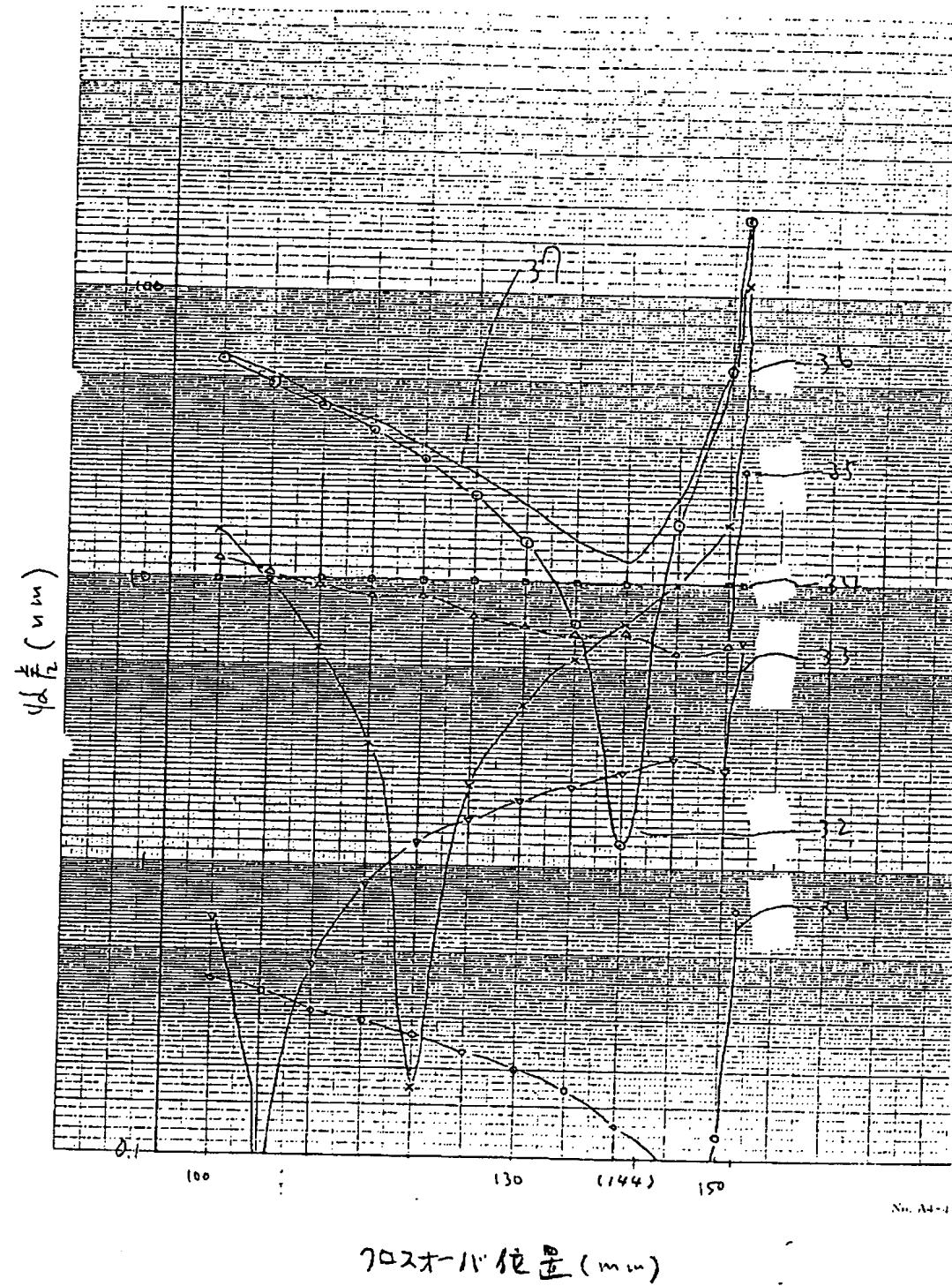
【図2】



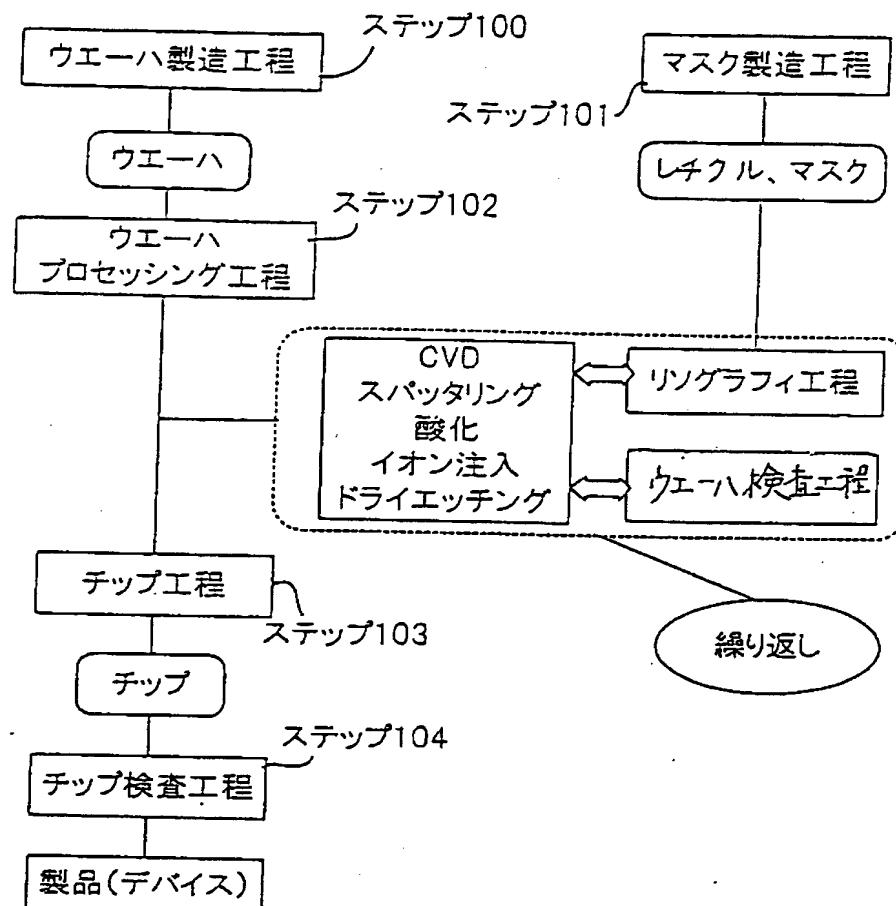
【図3】



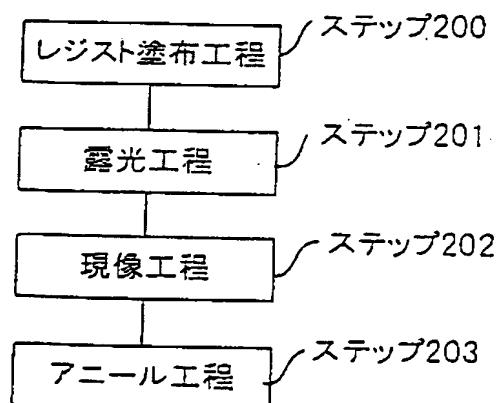
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【解決課題】複数の電子線を、コンデンサレンズを含むレンズ系で集束し、対物レンズで試料上に結像する電子線装置において、試料上に結像される電子線に生じる収差をできるだけ少なくする。

【解決手段】対物レンズの前段のレンズが作る電子線のクロスオーバ位置を、同対物レンズの上記レンズ系側近傍位置にする。

出願人履歴情報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン

特2001-112745

出願人履歴情報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号

氏 名 株式会社荏原製作所